

LES ZONES COTONNIÈRES AFRICAINES

DYNAMIQUES ET DURABILITÉ

Actes du Colloque de Bamako
Novembre 2017

Sous la Direction de :

Mamy SOUMARÉ
Michel HAVARD



ÉVALUATION DE LA DURABILITÉ DES PRATIQUES HORS-NORMES DE GESTION DE LA FUMURE ORGANIQUE DANS L'OUEST DU BURKINA FASO

TINGUÉRI Loumbana Béatrice, Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural, Bobo Dioulasso, Burkina-Faso

BOUGOUMA Valérie, Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural, Bobo Dioulasso, Burkina Faso

BLANCHARD Mélanie, CIRAD, UMR Selmet, CIRDES, URPAN, Bobo Dioulasso, Burkina Faso

Auteur correspondant : TINGUERI Loumbana Béatrice, tinguerib@yahoo.com

RÉSUMÉ

L'intégration agriculture-élevage est préconisée par la recherche et le développement agricoles en Afrique de l'Ouest depuis les années 70 pour soutenir la production agricole et assurer l'entretien de la fertilité des sols. Mais, les quantités de fumure organique produites sont en deçà des recommandations d'application dans la plupart des exploitations agricoles de la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso. Cependant, certaines exploitations utilisent des quantités très importantes de fumure organique. Cette étude vise à identifier, caractériser et évaluer les systèmes de production agropastoraux dits « hors-normes » sur le plan de la gestion de la fumure organique, pour déterminer leurs potentialités en termes de durabilité. La démarche utilisée se déroule en trois étapes avec l'identification des systèmes de références et hors-normes, la caractérisation des systèmes de production de fumure organique hors-normes et enfin l'évaluation de la durabilité de ces systèmes de production. Les résultats identifient des exploitations qui ont développé des systèmes de production de fumure organique hors-normes leur permettant de disposer de fumure organique en quantité nettement supérieure à la moyenne. Les agriculteurs diversifient les modes de production de fumure ou achètent de la fumure à l'extérieur. Les agro-éleveurs, par des collaborations avec les éleveurs, bénéficient du parcage direct, maximisent le recyclage des biomasses de l'exploitation ou achètent de la fumure à l'extérieur. Les éleveurs maintiennent leurs animaux en toute saison au village afin de collecter les déjections ou transforment résidus et ordures en plus des déjections animales. Les pratiques hors-normes de production de fumure organique apparaissent plus durables que les pratiques de référence. Elles pourront servir de guide technique pour une amélioration des pratiques de production de la fumure organique et de piste pour rendre les systèmes de production durables dans les exploitations agricoles.

Mots clefs : Fumure organique, hors-norme, pratique de référence, efficience énergétique, efficience azotée

ABSTRACT

The crop-livestock integration and organic fertilizer production are recommended by research and development in West Africa since the 70s to support agricultural production and improve the soil fertility. Today, the quantities of organic fertilizer produced are well below the recommended application in most farms in the western of Burkina Faso. However, some farms use very large quantities of organic manure. This study aims to identify, characterize and evaluate agropastoral production systems called «non-standard» in terms of management of organic manure, to determine their potential in terms of sustainability. The approach used is carried out in three stages with the identification of reference and non-standard systems, the characterization of non-standard organic manure production systems and finally the assessment of the sustainability of these production systems. The results identify farms that have developed organic fertilizer production systems out of the ordinary allowing them to dispose of organic fertilizer in a quantity well above average. Farmers diversify manure production patterns or purchase manure outdoors. The agro-pastoralists, by collaborating with the farmers, benefit from the direct stocking, maximize the recycling of the biomasses of the farm or purchase manure outside. Breeders maintain their animals in all seasons in the village to collect faeces or transform residues and garbage in addition to animal dung. Non-standard organic manure production practices appear more sustainable than standard practices. They can serve as a technical guide for improving organic manure and track production practices to make sustainable production systems on farms.

Key word: Organic manure, practice non-standard, reference practice, Sustainability, Multi-criteria assessment.

INTRODUCTION

En Afrique de l'Ouest, le secteur agricole doit augmenter sa production pour nourrir une population en pleine croissance et de plus en plus urbaine, fournir des revenus décents aux familles paysannes en protégeant les ressources naturelles et en étant plus autonome en intrants (Vergez, 2011). Le maintien de la fertilité des sols reste la condition majeure de l'amélioration de la productivité et de la durabilité de l'agriculture (Bationo *et al.*, 2007 ; Sedogo, 1981). Parmi la diversité des voies envisagées pour gérer la fertilité des sols, l'épandage de fumure organique (FO) reste recommandé en toutes circonstances, notamment dans les systèmes de polyculture-élevage.

Dans la zone Ouest du Burkina Faso, la réduction des espaces pastoraux, la forte augmentation de la charge animale sur les pâturages et la dégradation des ressources pastorales (PNSR, 2011 ; Vall et al., 2006) ainsi que la mise en culture de plus en plus continue des terres avec un faible recours à la mise en jachère, compromettent le recouvrement de la fertilité des sols. Pour pallier ces contraintes et compenser la minéralisation annuelle de la matière organique des sols, les producteurs ont recours à la FO. Il est recommandé sans distinction des types de sols ou de la qualité des FO disponibles, d'appliquer 2,5 t de MS.ha-1.an-1 sur la sole cultivée (Berger et al., 1987). En effet, la production de FO est désormais une pratique courante chez les paysans mais, pour la majorité d'entre eux les quantités produites restent faibles ce qui ne permet pas de renouveler la matière organique des sols. Cependant, les enquêtes sur les pratiques de production de FO montrent que certaines exploitations agricoles de la zone mobilisent des quantités de FO bien supérieures à la moyenne (Blanchard, 2010 ; Vall et al., 2012). Ces pratiques développées par les paysans, restent peu connues et leurs impacts sur la durabilité des exploitations restent à évaluer.

Cette étude est fondée sur le fait que certains paysans mettent en place des pratiques singulières, des modes de gestion des FO hors normes. Ils expérimentent, ils innovent (Petit et al., 2012). La notion de systèmes de production de FO hors-normes (Salembier and Meynard, 2013) a été utilisée pour décrire le parcours de paysans ne s'inscrivant pas dans le mode dominant de gestion des FO de la zone (appelé système de référence). Ces paysans se mettent en porte-à-faux avec ce système par choix raisonné ou sous la contrainte. Notre objectif est d'identifier et d'évaluer la durabilité des pratiques de production hors normes développées et mises en œuvre par les paysans pour produire de grande quantité de FO.

Nous présentons l'application de la démarche de traque des systèmes hors-normes (Salembier and Meynard, 2013) au cas de la production de la FO dans l'Ouest du Burkina Faso. Nous décrivons d'abord la démarche qui nous a permis d'identifier les pratiques hors normes. Puis, nous présenterons les pratiques hors normes iden-

tifiées. Enfin, l'évaluation de la durabilité de ces pratiques hors normes de production de la FO sera exposée afin de définir leur potentialité en termes de développement d'une agriculture durable.

Démarche d'identification des pratiques hors normes de production de la fumure organique et méthode d'évaluation

Afin d'identifier, de caractériser et d'évaluer la durabilité des pratiques de production de fumure organique hors-normes inventées par les paysans, nous nous sommes inspirés de la démarche formalisée par (Salembier and Meynard, 2013) qui vise à traquer, décrire, analyser et évaluer des innovations produites par les paysans. La démarche adoptée se déroule en trois étapes (Figure 1)

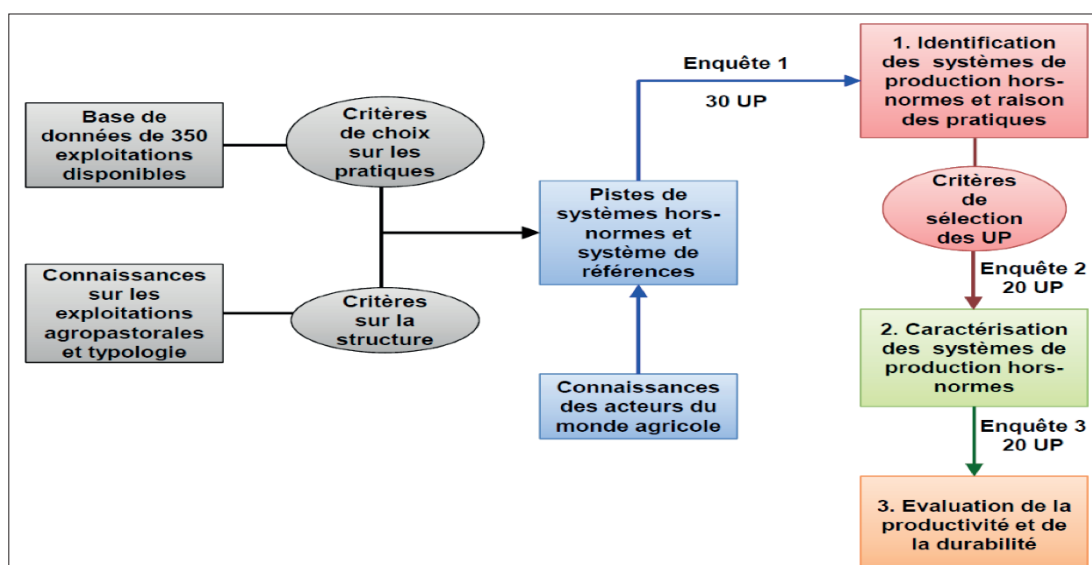
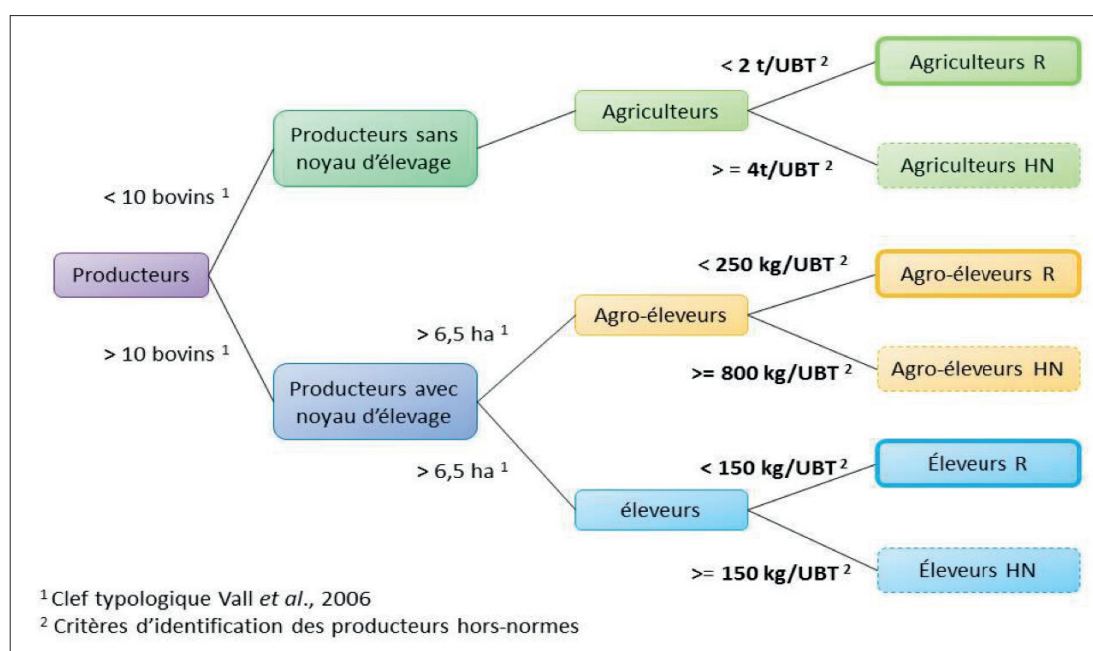


Figure 1. Schéma de la démarche générale d'identification, caractérisation et évaluation des pratiques hors-normes

L'échantillon a été constitué à partir d'une base de données pré-existante des exploitations pouvant représenter des pistes de systèmes de production potentiellement hors-normes (HN) en terme de production et d'utilisation de la FO et des exploitations qui correspondaient plutôt à des exploitations mettant en place des systèmes de production de références. Le type d'exploitation détermine le mode de production de FO, ainsi que la nature et la quantité de biomasse disponible (déjections animales, résidus de cultures, etc) (Vall et *al.*, 2006). Pour cela, nous avons réalisé une stratification de l'échantillon en recherchant des exploitations produisant des quantités importantes de FO parmi les agriculteurs, les éleveurs et les agro-éleveurs.



Légende : R. référence, HN. Hors normes ; UBT. Unité de Bétail Tropical

Figure 2. Schéma récapitulatif des critères d'identification des exploitations

Une analyse multivariée et une classification ascendante hiérarchique sur les variables décrivant la production et l'utilisation de la FO ont permis de distinguer une diversité de systèmes de production de FO hors-normes au sein de chaque type d'exploitations, et de réaliser les enquêtes. Une évaluation multicritères des systèmes de production de FO hors-normes et de référence a permis de définir leur potentiel de durabilité. Les indicateurs utilisés décrivent les performances techniques (les rendements des cultures), économiques (valeur ajoutée brute), environnementales (efficacité énergétique, bilan azoté apparent) et sociotechniques (temps de travail investi, énergies liés au travail). Les différentes formules utilisées sont :

- **L'efficacité énergétique (Eff_{Eng})** correspond au rapport de la somme des sorties d'énergie du système étudié sur la somme des entrées d'énergie. Elle a été évaluée à l'aide de la méthode PLANETE (Bochu, 2002) adaptée au cas des exploitations du Burkina Faso (Benagabou, 2011) ,
- **Valeur Ajoutée Brute (VAB)** : correspond à la différence de valeur entre les biens ou services que les producteurs utilisent et consomment au cours du cycle de production (consommation intermédiaire, CI) et ce dont ils disposent pour la vente ou la consommation après le processus de production (produit brut, PB).
- **Le Bilan Azoté Apparent (BAA, kg N.an⁻¹)** de l'exploitation est la différence entre la somme des entrées d'azote et la somme des sorties d'azote (Simon *et al.*, 2000) ,

- **Le temps de travail investi** (homme.jour.kg de MS-1) pour la production de FO est calculé à partir du nombre de jours de travail pour les systèmes agricoles et d'élevage par unité de travailleur ;
- **L'énergie liée au travail humain et animal** (kcal.kg de MS-1) : La démarche consiste à évaluer les différents temps de travaux des hommes et des animaux fournis sur l'exploitation et à convertir ces temps en flux d'énergie (kcal) à l'aide de coefficients énergétiques spécifiques de l'activité menée, du type de main d'œuvre utilisée (âge, sexe) et de l'espèce animale utilisée (Bénagabou, 2011) ;
- **La mobilisation des moyens de transport** (sans unité) est calculée à partir du rapport entre la quantité de FO transportée et la capacité de transport de l'exploitation.

IDENTIFICATION ET ANALYSE DES SYSTÈMES DE PRODUCTION DE FUMURE ORGANIQUE HORS NORMES

Les résultats de l'ACP réalisée sur 20 exploitations et 6 variables décrivant la production de la FO (tas d'ordures, fosse fumièrre, fosse à compost, parc à bétail, parcage direct, proportion de la FO utilisée qui est importée) permettent de distinguer les pratiques des paysans de références et la diversité de pratiques chez les paysans développant des systèmes de production de FO hors-normes.

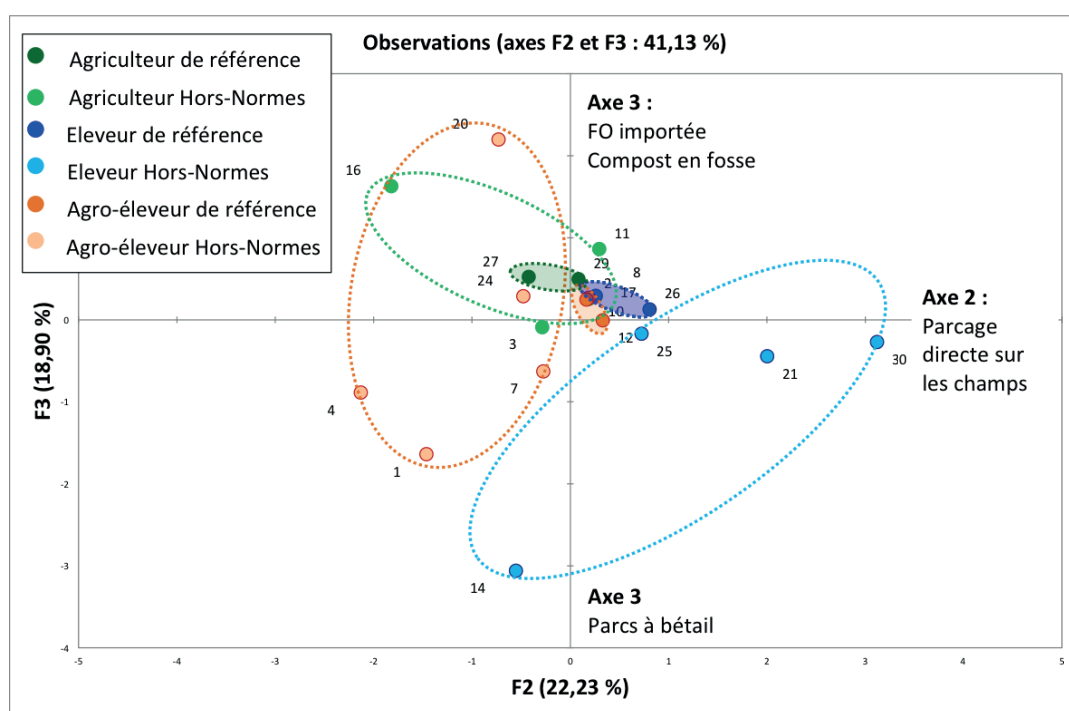


Figure 3. Résultats de la traque des systèmes de production de FO hors-normes par rapport aux systèmes de production de référence.

LES SYSTÈMES DE PRODUCTION DE FUMURE ORGANIQUE FAISANT RÉFÉRENCE

Dans notre étude, les systèmes de référence sont ceux qui sont largement répandus dans les exploitations de la zone et dont la quantité de FO utilisée est inférieure à 2,5 t de MS.ha⁻¹ (Tableau 1). Nous avons distingué le :

- **Système de référence chez les agriculteurs** : ils produisent de la FO à base d'ordures ménagères et un peu de fumier dans des fosses à la concession ou dans des étables. La production totale de FO est estimée à 7 t de MS.an⁻¹ (quantité totale de MS de FO produit en une année sur l'exploitation), soit 0,56 t de MS.ha⁻¹ (quantité de FO en MS utilisé sur un hectare de surface cultivable).
- **Système de référence chez les éleveurs** : la production de FO se fait à travers le parage direct des animaux en saison sèche sur les parcelles des éleveurs eux-mêmes ou d'agriculteurs via des « contrats de fumure » (Powell, 2004). Ils produisent également du fumier ou de la terre de parc dans des parcs de nuit simple. La production est de 3 t de MS.an⁻¹, soit 0,85 t de MS.ha⁻¹.
- **Système de référence chez les agro-Éleveurs** : les agro-éleveurs, qui disposent de grands champs (25,6 ha) et de grands troupeaux produisent du fumier dans des fosses fumières et dans des parcs à bétails. Ils produisent ainsi entre 8 et 10 t de MS.an⁻¹, soit 0,37 t de MS.ha⁻¹.

LES SYSTÈMES DE PRODUCTION DE FUMURE ORGANIQUE HORS-NORMES

Les résultats montrent une diversité de pratiques de production de FO hors-normes dans les exploitations agropastorales (Tableau 1). Nous distinguons les pratiques qui transforment les résidus de culture et les déjections animales de l'exploitation celles qui importent des biomasses de l'extérieur (contrat de parage, achat et importation de biomasse et de fumure organique). Par type d'exploitation, nous avons :

les systèmes de production de FO hors-normes chez les agriculteurs

Les agriculteurs du 1^{er} cas valorisent les biomasses de leurs exploitations grâce à une diversité de modes de production de fumure organique répartie entre ses champs et leur habitation (fosses dans la cour de l'habitation et au champ). Leur production est 12 t.MS par an. Les agriculteurs du cas 2 adoptent la même stratégie de diversification de la production, mais s'appuient également sur une importation de FO à travers la collecte de FO auprès d'agriculteurs mal équipés pour le transport. La quantité produite est de 17,1 t.MS par an.

les systèmes de production de FO hors-normes chez les agro-éleveurs

Nous identifions trois groupes d'agro-éleveurs aux pratiques hors-normes. Le 1^e groupe correspond à des petites exploitations ayant de petites surfaces et un grand troupeau. Ils produisent du fumier à partir des déjections animales de leur troupeau mais passent aussi des contrats de parage avec des bergers transhumants, échangeant un temps de parage nocturne de leur grand troupeau (300 à 500 têtes) sur leurs champs contre le pâturage des pailles de céréales sur pieds. Cette importation de FO correspond à plus de la moitié de ce qu'ils utilisent dans les champs. Le 2^e groupe d'agro-éleveurs aux pratiques hors-normes correspond à un seul paysan avec de bonnes capacités de transport grâce auxquelles, il importe la majorité de la fumure qu'il utilise et une partie des biomasses qu'il transforme en fumure (graines de coton abimées, poudrette de parc). Ces importations se font à faible coût (échange de FO contre le transport). Dans le 3^e groupe, les agro-éleveurs aux pratiques hors-normes transforment une grande diversité de biomasses produites sur leur exploitation grâce à une répartition des lieux de production entre la maison et les champs et à l'adoption de techniques spécifiques pour favoriser l'utilisation de certaines biomasses : parc avec tiges de coton comme litière, à l'image de la pratique des paysans du Mali Sud (Blanchard *et al.*, 2013). (Tableau 1)

les systèmes de production de FO hors-normes chez les éleveurs

Nous identifions deux groupes d'éleveurs. Le 1^e groupe correspond à des éleveurs qui disposent de grandes quantités de FO sur leurs champs par le parage direct de leurs animaux en saison sèche et l'épandage d'un peu de FO produite par les animaux stabulés. Le 2^e groupe d'éleveurs diversifie la production de FO en valorisant les biomasses de l'exploitation dans différents lieux de production (fosses à la maison et au champ, tas d'ordures, parc). Ils sont mal équipés pour le transport, donc ils vendent une partie de leur fumure organique contre le transport du reste. Une partie de la production ne leur revient donc pas, sans que cela soit un revenu complémentaire.

Tableau 1. *Caractéristiques des systèmes de production de fumure organique hors-normes et de référence pour les 3 types d'exploitations étudiées*

		Agriculteurs			Agro-éleveurs				Éleveurs				
	Unité	Cas 1		Cas 2	Référence		Cas 1	Cas 2	Cas 3	Référence		Cas 1	Cas 2
		Valorisation des biomasses		Production et achat	Contrat de parage		Importation de fumure organique	Valorisation des biomasses	Valorisation des déjections animales		Valorisation des biomasses et vente		
Nombre d'exploitation													
		3	1	2	3	2	1	2	2	2	3	1	
Structure des exploitations													
Surface totale cultivée	ha	12,1	7,8	6,8	25,6	6,8	40,5	14	3,5	3	7,8		
Actifs agricoles	nb	6	6	10	18	3	13	37	6	5	9		
Personnes	nb	12	10	12	34	9	26	40	12	15	25		
Charrette	nb	1,3	1	1	1,3	1	2 *	1	0	0	0		
Cheptel	UBT	8,5	2	3,7	52	32	38,1	25,8	86,7	56,4	126,8		
Origine de la fumure organique utilisée													
Fumier de fosse	kg MS	2 000	5 600	0	6 637	660	14 700	8 000	908	2 400	1 320		
Compost de fosse	kg MS	1 933	2 400	9 000	0	1 320	16 800	0	0	0	3 300		
Tas d'ordures	kg MS	1 020	4 000	1 200	0	0	0	0	165	0	1 200		
Parcs fixes	kg MS	1 770	0	4 200	550	16 500	0	31 500	0	0	13 650		
Parage direct	kg MS	0	0	0	2 200	0	0	0	1 890	10 500	5 000		
Importation	kg MS	0	0	2 700	0	19 320	147 000	0	0	0	-13 650		
Stockage de fourrage													
Stock de fourrage	kg MS	6 700	2 800	1 154	2 927	1 458	10 900	9 600	643	410	2 170		

EVALUATION MULTICRITÈRE DE LA DURABILITÉ DES SYSTÈMES HORS-NORMES, SOURCES DE DÉVELOPPEMENT D'UNE AGRICULTURE DURABLE ?

Les systèmes de production de FO hors-normes chez les agriculteurs

Les pratiques hors-normes permettent une meilleure couverture des besoins des sols en FO, même si elle n'est pas totale (tableau 2). La valorisation des biomasses de l'exploitation pour la production de FO (agriculteur cas 1) représente un recyclage interne des biomasses, améliorant l'efficacité énergétique. Associé à un moindre usage d'engrais, ce système de production présente un bilan apparent azoté proche de l'équilibre. Au contraire, l'achat de FO (cas 2) entraîne une moindre autonomie de l'exploitation vis-à-vis de l'environnement avec une efficacité énergétique plus faible. Les systèmes hors-normes n'offrent pas de meilleure rentabilité que le système de référence (surtout lorsqu'il y a achat de FO, ce qui représente un coût additionnel), mais obtiennent des rendements en maïs meilleurs (tableau 2). Enfin, les agriculteurs concernés par ces systèmes hors-normes produisent de la FO avec un moindre investissement relatif en travail. Ils prennent moins de temps pour remplir leur fosse, ne l'arrosent pas, ni ne la retournent et la vident rapidement. Ils ont une organisation du travail plus efficace (vidange et transport concomitant, vidange d'un produit sec, etc.). Cela représente cependant, une mobilisation plus forte des moyens de transport. Le système hors-norme qui produit de la FO à partir des biomasses de l'exploitation (agriculteur cas 1) semble être un modèle intéressant à diffuser.

Les systèmes de production de FO hors-normes chez les agro-éleveurs

Les pratiques hors-normes permettent de couvrir les besoins des sols en FO, et de limiter les pertes annuelles en azote du système, particulièrement via les *contrats de parcage* avec les transhumants (cas 1) et l'importation de FO (cas 2) qui représentent une entrée nette de matière organique et d'azote (tableau 2). Dans les systèmes de production de référence et dans le cas de la production de FO à partir des biomasses de l'exploitation (cas 3), les exploitations s'appauvrissent chaque année en azote. L'importation et la production de FO offrent de bons rendements en maïs. Seule l'importation de FO permet une rentabilité forte par actif, ces importations impliquant des investissements en temps de travail et de transport, sans engagement monétaire. En termes de travail investi, les contrats de parcage et l'importation représentent des investissements en travail faible. Le transport reste une contrainte forte dans ces exploitations qui ont mis en place des systèmes de production de FO hors-normes, sauf lorsqu'elles sont largement équipées (cas 2). Cependant, les systèmes de production hors-norme basés sur l'importation de FO et des contrats de parcage restent difficilement extrapolables à un grand nombre de producteurs, au

risque d'augmenter la concurrence pour la matière première. La production de FO à base des biomasses de l'exploitation (cas 3) montre les difficultés de rentabilité et de durabilité des exploitations ayant de grandes surfaces, uniquement basées sur les amendements organiques, sans apports extérieurs.

Les systèmes de production de FO hors-normes chez les éleveurs

Les besoins des sols en FO sont couverts (tableau 2), la production et la vente de FO (cas 2) représentent cependant une sortie importante d'azote qui tend à aggraver le déficit du système dû au dépôt des déjections au cours du pâturage. Les systèmes de production hors-normes offrent des rendements en maïs meilleurs et sont rentables. Enfin, l'investissement en travail et en transport reste limité. Les éleveurs qui valorisent les déjections de leurs animaux (cas 1) semblent mettre en œuvre un système de production de FO viable, vivable et qui serait durable avec une importation d'azote pour compenser les sorties (achat d'aliment extérieur).

D'une manière générale, la couverture des besoins des sols en FO est meilleure chez les paysans aux pratiques hors-normes que chez les paysans de référence, en accord avec leur niveau de production de FO. Les bilans apparents azotés dépendent des types d'exploitations, des importations de FO et des pratiques d'épandage des engrais minéraux, mais les rendements en maïs sont généralement meilleurs que dans les exploitations de référence. Les pratiques hors-normes sont, par contre, souvent associées à une faible compétitivité sur le plan économique, à l'exception d'un agro-éleveur qui importe de grandes quantités de FO (cas 2). Enfin, ces exploitations investissent du temps de travail et de l'énergie, rapportés à la quantité FO produite, plus faibles que les exploitations de référence, illustrant une organisation du travail et une maîtrise des techniques de production de la FO. Cependant, la mobilisation des moyens de transport dans ces exploitations est plus forte, ce qui constitue un frein persistant à l'utilisation de FO, sauf quand le paysan dispose d'équipements de transport importants

Tableau 2 : Indicateurs de performances environnementales, économiques et sociotechniques chez les paysans de référence et Hors-normes

			Agriculteurs				Agro-éleveurs				Éleveurs			
			Référence		Cas 1	Cas 2	Référence		Cas 1	Cas 2	Cas 3	Référence		
			Référence		Valorisation des biomasses	Production et achat	Référence		Contrat de parage	Importation de fumure organique	Valorisation des biomasses	Valorisation des déjections animales	Valorisation des biomasses et vente	
			Unité											
			Indicateurs d'évaluation											
			Couverture des besoins en FO	%	31	52	91	23	130	150	100	68	170	150
Performance environnementales			Efficience énergétique	Dml	9,2	9,9	8	11	8,6	9	9,4	17	17	19,9
Performance économique			Bilan Azoté Apparent	Kg N/an	88	19	51	-501	-183	-213	-480	-700	-830	-1 970
Performance technique			VAB/ actif	Fcfa/actif	310 000	214 000	105 000	410 000	422 000	1 100 000	57 000	169 000	190 000	145 000
			Rendement maïs	Kg /ha	1 470	1 800	2 200	2 500	2 080	3 470	3 400	1 700	1 840	2 400
Performance sociotechnique			Temps de travail par kilo de fumure	Homme. jour/t	21,8	3,3	2,8	49,7	2,6	1,4	13,1	59,7	3,1	14,3
			Energie liée au travail par kilos de fumure	Kcla/kg MS	4,3	0,8	0,7	9,5	0,9	1,7	3,3	6,7	1,4	1
			Mobilisation des moyens de transport		20,1	25	36,9	13,5	43,5	8,9	47,1	8	-	-

Légende. *VAB* : Valeur Ajoutée Brute

DISCUSSION

Les systèmes de production de FO hors-normes identifiés par cette étude sont développés par les paysans pour leur permettre d'atteindre leurs objectifs spécifiques : faire des économies sur l'achat des engrais pour les agro-éleveurs ou entretenir la fertilité des terres agricoles et améliorer la production agricole chez les agriculteurs et les éleveurs. Ces paysans ne se mettent pas en opposition avec le système de référence à travers les pratiques qu'ils mettent en œuvre. Ils ne font pas face à un carcan contraignant, à un système sociotechnique verrouillé (Cowan and Gundy, 1996). Ils font évoluer leur système de production sans remettre tout en cause. Les agro-éleveurs cherchent à réduire les importantes charges des itinéraires techniques recommandés ; les agriculteurs et les éleveurs cherchent à entretenir leur capital de production tout en améliorant leur production agricole à moindre coût.

Les systèmes de production hors-normes étudiés ne sont pas durables en tout point de vue car ils ne sont pas plus efficaces à la fois sur les plans économique, sociotechnique et environnemental (Landais, 1998). Néanmoins, nous pouvons affirmer que certains systèmes de production hors-normes sont plus durables (chez les agriculteurs du cas 1, les agro-éleveurs du cas 2 et les éleveurs du cas 2) que les systèmes de production de références.

Les systèmes de production hors-normes étudiés présentent cependant des opportunités en termes de performances environnementales (recyclage de l'azote, couverture des besoins en fumure organique des sols) mais aussi économiques (production de céréales). De plus, les exploitations qui les pratiquent présentent de bons résultats en termes de temps de travail et d'énergie investis pour la production de la FO. L'organisation du travail dans ces exploitations pourrait être analysée et servir de base à l'amélioration de la production de la FO dans les exploitations de la zone, où le temps de travail reste une contrainte forte.

Les agriculteurs hors-normes du cas 1 et les éleveurs hors-normes du cas 2 produisent leur FO en valorisant les biomasses de leur exploitation, ce qui leur permet donc d'assurer une certaine durabilité (vis-à-vis de ceux qui recyclent peu leurs biomasses). Les agro-éleveurs hors-normes du cas 2 importent de la FO depuis l'extérieur. La durabilité de leur système pourrait être menacée dans les jours à venir car ils sont dépendants de l'extérieur. Quand les exploitations qui vendent de la FO auront pallié les contraintes qui limitent l'utilisation de FO, il se pourrait qu'ils gardent et utilisent cette FO, sans la vendre ou qu'ils la vendent plus chère.

Nous notons de bons résultats pour les exploitations aux pratiques hors-normes dans les énergies liées au travail chez les agriculteurs hors-normes des cas 1 et 2 (Production et achat de fumure à l'extérieur), agro-éleveurs du cas 1 (Collaboration avec les éleveurs : parcage directe) et 2 et éleveurs de cas 1 (Valorisation des déjections animales). Cela signifie que ces producteurs aux pratiques hors-normes

dépendent moins d'énergie pour produire une quantité importante de FO. Cette réduction du temps et de la pénibilité du travail observée chez les producteurs hors-normes peut s'expliquer par une organisation du travail et une maîtrise des techniques de production développée chez ces acteurs.

Les résultats de l'évaluation de la durabilité des systèmes de production de FO hors-normes ne montrent pas, pour les systèmes hors-normes, de meilleures valeurs pour l'ensemble des indicateurs de la durabilité.

CONCLUSION

Plusieurs techniques de gestion de la fertilité des sols ont été développées et proposées aux producteurs des zones cotonnières ouest du Burkina Faso pour lutter contre la dégradation des sols, en particulier des techniques de production de FO (fumier de parc, de fosse, compostage en tas, en fosse etc.). Cependant, dans la plupart des exploitations les quantités de FO produites restent largement en deçà des besoins nécessaires pour renouveler la matière organique des sols. Malgré tout, dans la même zone, certains producteurs ont développé des pratiques qui leur permettent de produire et d'utiliser des quantités de FO largement supérieure à la norme recommandée.

Nous montrons dans cette étude que les modes de production de la FO dans les systèmes de production hors-normes se différencient selon les types d'exploitation. La maîtrise des techniques de production permet aux producteurs d'obtenir des quantités de FO importantes en diversifiant les modes de production, en valorisant une diversité de biomasses de leur exploitation, en transformant les biomasses facilement accessibles, et en investissant du travail pour la production et le transport, et de l'argent en cas d'achat de FO à l'extérieur de leur exploitation. Les paysans qui pratiquent les systèmes de production hors-normes contournent les difficultés liées au manque de main d'œuvre et de transport par une gestion du travail, une diversification et une répartition dans l'espace de leurs modes de production de FO mais leurs capacités de transport restent limitées. Le potentiel de durabilité des systèmes de production hors-normes est intéressant chez les agriculteurs du cas 1 (Valorisation des biomasses de l'exploitation), les agro-éleveurs du cas 2 (Importation de fumure à l'extérieur) et les éleveurs du cas 2 (Valorisation des biomasses de l'exploitation).

L'étude fait ressortir l'importance des transferts de FO entre les exploitations et la monétarisation de la FO. Les techniques de production de FO hors-normes développées par les producteurs, bien qu'elles ne soient pas totalement durables, pourraient contribuer à l'amélioration des techniques de production. Toutefois il serait important d'approfondir l'étude en vue d'aider les producteurs à rendre leurs pratiques d'utilisation de la FO plus durables pour une meilleure préservation de l'environnement et valorisation de leurs pratiques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BATIONO A, KIHARA J, VANLAUWE B, ET AL. (2007) *Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. Agricultural Systems* 94: 13-25
- BENAGABOU I. (2011) *Contribution de l'Association agriculture-élevage dans l'amélioration du bilan du flux énergétique dans les systèmes agropastoraux : Cas de Koumbia. Institut du Développement Rural. Bobo-Dioulasso: Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 92 p.*
- BERGER M, BELEM PC, DAKOUO D, ET AL. (1987) *Le maintien de la fertilité des sols dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage. Cot. Fib. Trop.* 42: 201-210.
- BLANCHARD M, VAYSSIÈRES J, DUGUE P, ET AL. (2013) *Local Technical Knowledge and Efficiency of Organic Fertilizer Production in South Mali: Diversity of Practices. Agroecology and Sustainable Food Systems* 37: 672-699.
- BLANCHARD M., 2010. *Gestion de la fertilité des sols et rôle du troupeau dans les systèmes coton-céréales-élevage au Mali-Sud : savoirs techniques locaux et pratiques d'intégration agriculture élevage. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Univers et Environnement. Université Paris Est, 284p. + annexes.*
- BOCHU J-L. (2002) *Planète : Méthode pour l'analyse énergétique de l'exploitation agricole et l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre. Colloque SOLAGRO.* 1-10.
- COWAN R AND GUNBY P. (1996) *Sprayed to death: path dependence, lock-in and pest control strategies. The Economic Journal* 106: 521-542.
- LANDAIS E., 1998. *Agriculture durable : les fondements d'un nouveau contrat social ?, Dossier de l'environnement de l'INRA, 27 : 23-40.*
- PETIT M-S, REAU R, DUMAS M, ET AL. (2012) *Mise au point de systèmes de culture innovants par un réseau d'agriculteurs et production de ressources pour le conseil. Innovations Agronomiques* 20: 79-100.
- PNSR 2011. *Document de programme. Programme National du Secteur Rural, Ouagadougou, Burkina Faso, 67p.*
- POWELL JM. (2014) *Feed and manure use in low-N-input and high-N-input dairy cattle production systems. Environmental Research Letters* 9: 115004.
- SALEMBIER C., MEYNARD J-M., 2013. *Evaluation de systèmes de culture innovants conçus par des agriculteurs: un exemple dans la Pampa Argentine. Innovations Agronomiques, 31 : 27-44.*
- SEDOGO M. (1981) *Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride. Thèse de doctorat. Nancy (France): INPL, 158.*
- SIMON J-C, GRIGNANI C, JACQUET A, ET AL. (2000) *Typologie des bilans d'azote de divers types d'exploitation agricole: recherche d'indicateurs de fonctionnement. Agronomie* 20: 175-195.
- VALL E., DUGUÉ P, BLANCHARD M., 2006. *Le tissage des relations agriculture-élevage au fil du coton, 1990-2005. Cahiers Agriculture, 15 (1) : 72-79.*
- VALL E., KOUTOU M., BLANCHARD M., COULIBAY K., DIALLO M.A., ANDRIEU N., 2012. *Intégration agriculture-élevage et intensification écologique dans les systèmes agro-sylvopastoraux de l'Ouest du Burkina Faso. In : Vall E., Andrieu N., Chia E., Nacro H. B. (eds.), 2011. Partenariat, Modélisation, Expérimentation : Quelles leçons pour la conception de l'innovation & l'intensification écologique. Actes du séminaire, novembre 2011, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 15p*
- VERGEZ A., 2011. *Intensifier l'agriculture en Afrique, réponse aux défis alimentaires et environnementaux ? Controverse. Afrique contemporaine* 23 : 29-43.